



La vulnérabilité de Quito (Equateur) face à l'activité du Guagua Pichincha. Les premières leçons d'une crise volcanique durable

Robert d'Ercole, Pascale Metzger

► To cite this version:

Robert d'Ercole, Pascale Metzger. La vulnérabilité de Quito (Equateur) face à l'activité du Guagua Pichincha. Les premières leçons d'une crise volcanique durable. Cahiers Savoisiens de Géographie, 2000, La géographie des risques dits "naturels". Entre géographie fondamentale et géographie appliquée., 1, pp.39-52. hal-01196431

HAL Id: hal-01196431

<https://hal.science/hal-01196431>

Submitted on 9 Sep 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La vulnérabilité de Quito (Equateur) face à l'activité du Guagua Pichincha Les premières leçons d'une crise volcanique durable.

Robert D'ERCOLE

Université de Savoie, Département de géographie, Campus scientifique, 73 376 Le Bourget du Lac Cédex
Mél: RDerco@aol.com

Pascale METZGER

Institut de Recherche pour le Développement, Calle Whimper y Coruña, Quito, Equateur

Résumé : La ville de Quito est sous la menace du volcan Guagua Pichincha depuis le réveil de ce dernier en octobre 1998. Le 27 septembre 1999, l'alerte orange est déclarée et le 5 octobre, une explosion entraîne des chutes de cendres de faible épaisseur sur la capitale. Ces deux faits, qui peuvent paraître relativement mineurs, ont été à l'origine de nombreuses perturbations du système urbain. L'article analyse les conséquences de ces deux événements et propose, à partir de ces derniers, une réflexion sur la vulnérabilité et les enjeux de la capitale équatorienne.

Mots-clés: Risque volcanique, vulnérabilité, enjeux, ville, Quito.

Abstract : The city of Quito has been under threat since October 1988, when the Guagua Pichincha volcano reached a new phase of reactivation. On September 27th, 1999, the orange warning level was enforced, prior to an explosion that blanketed the capital town with a thin layer of ashes on October 5th. Both facts, which may appear as rather minor ones, lead to numerous disruptions of the urban system. This paper finds back the consequences of these events, which allow a better understanding of the vulnerability and stakes of the Ecuadorian national capital.

Key-words : Volcanic risk, vulnerability, stakes, city, Quito.

En 1999, plus d'un an après le réveil du volcan Guagua Pichincha, deux événements ont ponctué une période de crise liée à son activité et à la menace que celui-ci fait peser sur la capitale équatorienne : la déclaration d'une alerte qualifiée d'« orange », le 27 septembre, indiquant la possibilité d'une éruption durant les jours suivants, et les premières chutes notables de cendres sur Quito suite à l'éruption du 5 octobre. Ces événements peuvent, à priori, apparaître comme des faits mineurs, voire des non événements : une simple menace et le dépôt d'une mince couche de cendres de 1 à 2 mm d'épaisseur. Ils ont cependant été à l'origine de perturbations multiples et fournissent au chercheur de nombreux enseignements sur la vulnérabilité de la ville.

Cette étude s'intègre dans un programme de recherche plus vaste¹ qui analyse la vulnérabilité du système urbain quiténien face aux risques dits naturels, la ville étant concernée non seulement par le risque volcanique, mais également par les risques sismique et morphoclimatique. La recherche des éléments vulnérables et des facteurs de vulnérabilité repose sur l'analyse des perturbations habituelles et exceptionnelles du système, quelle qu'en soit l'origine, privilégiant ainsi, dans un premier temps, l'approche phénoménologique. C'est uniquement dans un deuxième temps qu'une approche

de type probabiliste sera mise en oeuvre, permettant, à l'aide de scénarios, d'apprécier la vulnérabilité de Quito face à un aléa déterminé.

La prise en compte des événements du 27 septembre et du 5 octobre contribue ainsi à alimenter l'analyse phénoménologique, au même titre que d'autres événements dont l'étude est en cours ou en projet². Les travaux ont débuté par une revue de presse détaillée des principaux quotidiens de Quito (El Comercio, El Hoy) des mois de septembre et octobre. Les informations recueillies ont ensuite été validées et complétées par une série d'entretiens menés durant le mois de novembre auprès de différents acteurs de la crise³. L'article présente

² Cas par exemple du séisme de 1987, de divers mouvements de terrain et inondations, de coupures d'électricité prolongées ou encore d'accidents d'avion (en particulier celui de 1998 provoqué par un Tupolev de la Cubana de Aviación).

³ Les principaux entretiens ont été effectués par les auteurs de l'article à l'Unidad de Riesgos de la Dirección General de Planificación (DGP) de la municipalité de Quito pour la gestion des crises, à l'UPGT (Unidad de Planificación y Gestión de Transportes) pour la question de la mobilité urbaine, à l'EMAAP-Q (Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito) pour les problèmes liés à l'alimentation en eau, à l'EEQ (Empresa Eléctrica de Quito) pour l'électricité, à ANDINATEL pour les télécommunications, à la DAC (Dirección de Aviación Civil) pour l'aéroport, au FUNSA (Fundo de Salvamento) pour le patrimoine historique, dans les camps d'hébergement de la population évacuée de Lloa, et auprès de scientifiques (Institut Géophysique de l'Ecole Polytechnique Nationale, chercheurs de l'IRD affectés à Quito).

¹ Programme « Système d'Information et risques naturels à Quito » de l'UR Environnement Urbain de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement, ex-ORSTOM).

les principales conclusions de ces travaux. Il débute par un aperçu du risque volcanique à Quito et une brève synthèse des événements qui ont précédé les crises des mois de septembre et octobre 1999. Les conséquences de ces dernières sont analysées dans un deuxième volet. La 3^{ème} partie propose une réflexion en termes de vulnérabilité et d'enjeux de la capitale équatorienne en plaçant l'accent sur deux domaines significatifs : la mobilité des personnes et des biens et le système de gestion des crises.

1. Risques pour Quito et historique de la crise volcanique

La capitale équatorienne connaît depuis octobre 1998, la plus grave crise volcanique enregistrée depuis 1660 alors qu'elle abritait moins de 30 000 habitants. Ce sont aujourd'hui près de 2 millions de personnes qui sont menacées par le volcan Guagua Pichincha situé à 4784 m, à 15 km à l'ouest du centre historique de Quito (2850 m). Ce volcan présente la forme d'une grande caldeira ouverte sur le flanc ouest d'un édifice volcanique ancien, le Rucu Pichincha, ce dernier faisant office de barrière entre le volcan actif et une grande partie de la capitale (*figure 1*).

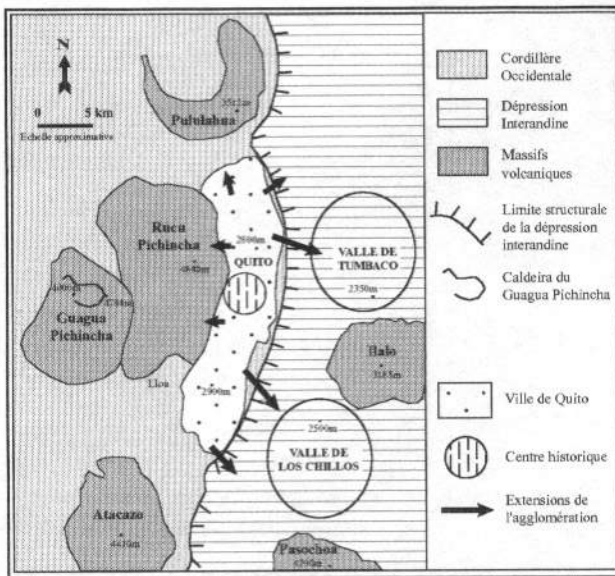


Figure 1 : Carte schématique de localisation
Réalisation R. D'Ercole, d'après la carte géologique
du volcan Pichincha
(INEMIN, Geotermica Italiana, ESPE, 1989)

Le Guagua Pichincha est un volcan de type explosif qui a connu quatre éruptions pliniennes durant les 2000 dernières années. Depuis 1660, dernière éruption de ce type, il ne s'est plus manifesté que par une activité de type phréatique avec quelques phases explosives comme en 1982 ou 1993. Les dangers liés à une éruption magmatique sont relativement bien connus⁴. Les coulées pyroclastiques (notamment les nuées ardentes) concernent essentiellement le flanc ouest du volcan, compte tenu de sa configuration morphologique (*figure 2*). Elles ne menaceraient que quelques villages comme celui de Lloa, situés à proximité du Guagua, à plus de 3000 m d'altitude, la capitale étant, après la carte des aléas, protégée par la barrière naturelle constituée par le Rucu Pichincha. Les phénomènes les plus à craindre pour Quito sont les chutes de cendres et les coulées de boues. Le développement d'une colonne plinienne⁵ pourrait en

⁴ Voir notamment Hall et Von Hillebrandt (1989), Barberi et al. (1992), Peltre (1994), CODIGEM (1994), Robin (1998), EPN-MDMQ (1998).

⁵ Les éruptions pliniennes se caractérisent par le développement de colonnes éruptives pouvant atteindre 20 à 30 km de haut.

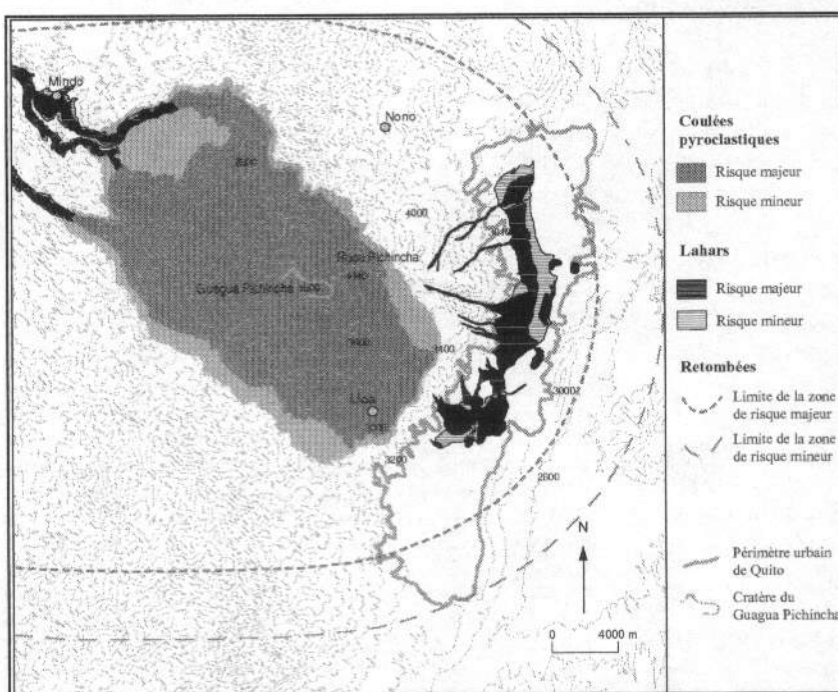


Figure 2 : Carte des aléas du volcan Guagua Pichincha
Source : SUIM (Sistema Urbano de Informacion Metropolitana), Savane
Elaboration : P. Metzger, Y. Blanca

effet engendrer d'importantes chutes de cendres et de lapilli qui affecteraient plus ou moins sévèrement la capitale suivant la direction des vents dominants⁶. Selon l'expérience de 1660, une épaisseur de 15 à 20 cm de cendres est envisageable, entraînant d'importants dommages, parmi lesquels l'effondrement de toitures dans le centre ancien. Les coulées de boues (ou lahars) représentent le deuxième danger pour Quito. Elles se développeraient sur les versants occidentaux suite à la mobilisation des cendres par des précipitations consécutives ou ultérieures à une éruption, et par les écoulements torrentiels au niveau des ravines (*quebradas*) incisant ces versants. Plusieurs scénarios ont été bâtis quant aux espaces susceptibles d'être affectés et, dans chacun des cas, les dommages pour la ville seraient considérables.

C'est dans ce contexte qu'une alerte volcanique, qualifiée d'« alerte jaune » a été décrétée le 1^{er} octobre 1998 par le maire de Quito suite à une activité anormale du volcan enregistrée depuis plusieurs semaines par les volcanologues de l'Institut Géophysique de l'Ecole Polytechnique Nationale⁷. Le volcan était de nouveau entré dans une phase d'activité phréatique. Mais la situation différait sensiblement de celles que l'on avait connues durant les dernières décennies, que ce soit sur le plan volcanique ou sur le plan humain. L'activité sismique était à la fois différente et plus intense que celles qui avaient été observées en 1981-82 ou entre 1989 et 1993. En même temps, la gestion de la crise prenait une tournure jusqu'alors inconnue. Soutenu par le président de la République, et rompant avec les pratiques antérieures qui plaçaient le gouvernement et la Défense Civile équatorienne au premier plan dans ce type de situation, le maire de Quito s'est personnellement impliqué dans la gestion de la crise. Cela s'explique par une sensibilisation personnelle aux questions

environnementales⁸ et par un souci de légitimation de sa fonction⁹. Il a ainsi travaillé en étroite collaboration avec l'Institut Géophysique qui, de son côté, a fortement consolidé son système de surveillance, en particulier grâce à l'appui de l'USGS (United States Geological Survey). Il a mobilisé les différents services municipaux pour l'élaboration de plans d'urgence et a largement contribué à sensibiliser le public aux risques volcaniques. La décision de déclarer l'alerte jaune, première du genre dans l'histoire de la ville, indiquant la possibilité d'une éruption dans les semaines ou les mois à venir et la nécessité de se préparer, est particulièrement significative de l'implication du maire¹⁰.



Figure 3 : Chronologie des événements liés à l'activité du volcan Guagua Pichincha

Jusqu'au mois de septembre 1999, le volcan a connu des phases d'activité phréatique plus ou moins intenses ponctuées d'explosions cantonnées à la caldeira. L'alerte jaune a été maintenue en permanence en dépit des pressions, notamment de la part des acteurs économiques hostiles à son maintien. Le répit laissé par le volcan a été mis à profit pour se préparer et tenter de combler, du moins partiellement, les nombreuses faiblesses en matière de gestion des crises (aménagement

⁶ La direction moyenne des vents est est-ouest à Quito, mais ils soufflent parfois en sens inverse, ce qui fut le cas, notamment, le 5 octobre 1999.

⁷ En faisant abstraction du 1^{er} niveau d'alerte (alerte blanche, volcan au repos), l'alerte jaune constitue la 2^{ème} étape du système adopté à Quito au début de la crise, comportant quatre couleurs : blanche, jaune, orange et rouge. Cette échelle est adaptée aux volcans explosifs et s'inspire de celles utilisées dans d'autres pays comme les Etats-Unis ou les Philippines. Le stade de l'alerte jaune est atteint lorsque le volcan présente une activité sismique et hydrothermale significative et croissante. Cela peut signifier une montée de magma. D'où la possibilité d'une éruption qui ne devrait cependant pas se produire avant des semaines ou des mois. L'alerte orange est liée à l'accroissement des paramètres antérieurs avec une intrusion magmatique non visible mais confirmée. Une éruption est possible dans les jours ou les mois à venir. L'alerte rouge est décrétée lorsque l'activité est devenue intense, incluant des tremors et la croissance de dômes. L'éruption peut se produire dans les heures ou les jours à venir. A chacune de ces alertes correspondent des actions de surveillance, information, préparation et protection adaptées à la gravité de la situation. Des évacuations sont ainsi prévues en alerte rouge alors que l'accent est placé sur la préparation en alerte orange (cette dernière étant intensifiée en alerte orange).

⁸ « Sans appartenir à un parti « vert », le maire démocrate-chrétien de Quito est clairement identifié comme un écologiste par son parcours associatif et politique : ancien président de l'influente Fundación Natura, ancien maire-adjoint chargé de l'environnement, président de la commission environnementale de l'assemblée constituante de 1998 » (Sierra, 2000).

⁹ Roque Sevilla était maire depuis deux mois seulement, sans avoir été élu, en remplacement de l'ancien maire de Quito, Jamil Mahuad, devenu président de la République.

¹⁰ Pour la question des enjeux gravitant autour de l'alerte jaune, voir Metzger, D'Ercole et Sierra (1999a), Metzger, D'Ercole et Sierra (1999b).

d'un PC de crise en un lieu sûr, coordination institutionnelle, gestion des possibles évacuations, sensibilisation du public, etc.). La gestion de la durée a été particulièrement difficile, la population s'accoutumant progressivement à une alerte jaune et à un volcan qui finalement ne menaçait personne. C'est dans ce contexte qu'à la fin du mois de septembre les scientifiques ont observé des modifications dans le comportement du volcan mettant en évidence le possible passage du stade phréatique à un stade magmatique. La présence d'un dôme en cours de constitution à l'intérieur de la caldeira du Guagua Pichincha n'a été vérifiée visuellement que le 1^{er} octobre, confirmant ainsi le début d'une activité magmatique. Néanmoins, les indicateurs scientifiques inquiétants enregistrés dès le 23 septembre ont incité le maire à modifier le niveau d'alerte avant cette confirmation visuelle (**figure 3**). L'alerte orange a été déclarée le 27 septembre indiquant la possibilité d'une véritable éruption dans les jours ou semaines à venir. Une première explosion se produisit le 28 septembre entraînant des chutes de cendres sur Lloa et une fine pellicule dans le sud de Quito. Cependant, suite à une diminution de l'activité sismique, le retour à l'alerte jaune a été décrété le 4 octobre mais, dès le lendemain, se produisit l'explosion la plus importante du volcan depuis son réveil 14 mois plus tôt. Les cendres expulsées furent plus abondantes que celles du 28 septembre et les conditions de circulation atmosphérique (direction des vents ouest-est) entraînèrent leur chute sur l'ensemble

du district urbain, avec une épaisseur de 1 à 2 mm.

Une nouvelle explosion s'est produite le 7 octobre, mais la direction dominante des vents a permis d'épargner Quito de nouvelles chutes de cendres. Les explosions des 5 et 7 octobre ont entraîné la destruction du dôme qui s'était constitué à l'intérieur de la caldeira et l'activité sismique a progressivement diminué jusqu'au 20 octobre où une reprise de l'activité indiquait le développement d'un nouveau dôme de lave. Un 2^{ème} cycle éruptif débutait, suivi de plusieurs autres jusqu'à nos jours. Tous ont présenté un scénario proche du précédent avec des explosions dont certaines ont entraîné des chutes de cendres sur Quito (notamment le 25 novembre) mais de manière moins importante que le 5 octobre, des coulées pyroclastiques se produisant depuis le dôme et des lahars affectant les vallées situées à l'ouest du Pichincha. Le volcan présente donc une véritable activité magmatique, sans toutefois déboucher sur un comportement de type plinien tant redouté. L'incertitude demeure cependant et la crise volcanique est toujours d'actualité.

Ce sont les conséquences des deux événements les plus marquants de cette crise (alerte orange et chutes de cendres), du moins jusqu'à ce jour, qui seront analysées ci-dessous et qui permettront de tirer quelques enseignements en matière de vulnérabilité du système urbain quiténien.

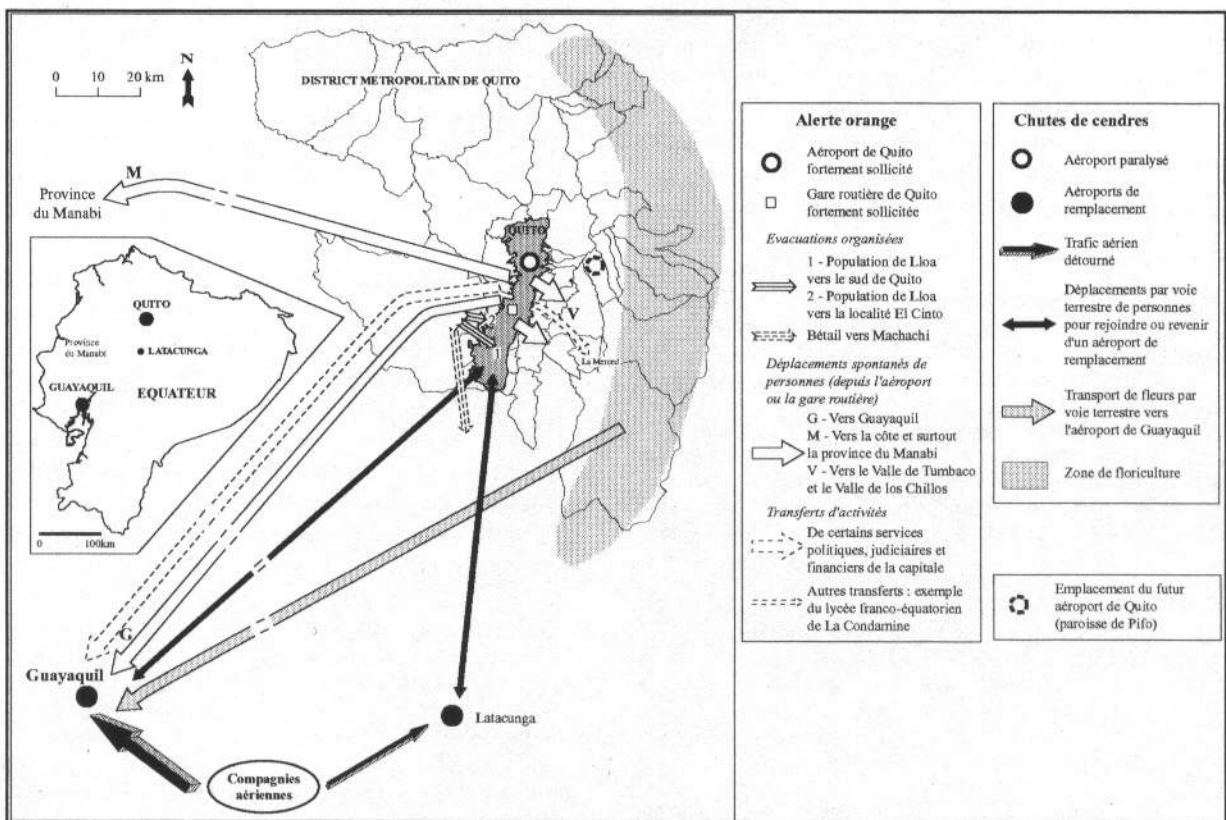


Figure 4 : Mobilité extra urbaine liée à l'alerte orange et aux chutes de cendres

Réalisation R. D'Ercole

2. Conséquences de l'alerte orange du 27 septembre 1999

L'alerte orange est seulement l'énonciation publique et officielle d'une menace. Ses conséquences, sans pour autant déstabiliser le système urbain, ont toutefois été particulièrement nombreuses. Celles-ci sont de deux ordres.

Les premières, que nous qualifions de directes, relèvent de l'effet psychologique exercé par l'annonce de l'alerte suggérant un danger à la fois grave et imminent. Rappelons que l'alerte orange est survenue un an, pratiquement jour pour jour, après la déclaration d'une alerte jaune à laquelle on avait fini par s'habituer. L'alerte orange signifiait la possibilité d'une véritable éruption dans les jours à venir et beaucoup d'incertitude entourait la notion même d'éruption, celle-ci étant considérée comme un événement très dangereux par de très nombreuses personnes¹¹. C'est ainsi qu'à partir du 27 septembre 1999, de nombreuses familles ont décidé de quitter la ville, indépendamment de toute consigne officielle. L'aéroport et la gare routière de Cumanda font état d'une forte augmentation du nombre de passagers, principalement vers les villes de la Côte. D'autres familles se sont rendu dans les vallées situées à l'est de la capitale (Valle de Tumbaco, Valle de Los Chillos) par transports collectifs ou individuels (*figure 4*). Autre effet classique de ce type de situation : le stockage en aliments de base, eau et carburants. La conséquence fut la prise d'assaut des petits commerces, des supermarchés et des postes à essence, débouchant sur des embouteillages à leur proximité et sur une pénurie des produits de base dont les prix ont rapidement flambé. Le prix de l'eau a ainsi quadruplé tandis que celui du lait était multiplié par six. Même les masques destinés à se protéger contre les cendres, jusqu'alors vendus à tous les coins de rue à des prix très abordables sont devenus introuvables, si ce n'est au prix fort. Les activités commerciales, pourvoyeuses de ces produits de base, depuis les supermarchés jusqu'aux petits commerces informels, se sont vite trouvées débordées face à la forte demande, mais en même temps ont bénéficié de la situation. En revanche, l'annonce de l'alerte orange a été préjudiciable au

tourisme que ce soit à Quito ou dans d'autres secteurs menacés (Nono et surtout Mindo dont 90% de l'économie dépend du tourisme¹²). De même, sans qu'il soit encore possible d'avancer de chiffres, les valeurs foncières et immobilières ont diminué, plus particulièrement dans les secteurs occidentaux de la ville, considérés comme les plus exposés en cas d'éruption.

Le deuxième type de conséquences est pour sa part lié aux décisions prises par les gestionnaires municipaux de la crise. Celles-ci visaient la mise en application des mesures prévues depuis un an en cas d'alerte orange. Parmi ces dernières, deux se sont avérées lourdes de conséquences.

Il s'agit tout d'abord de l'évacuation de la communauté de Lloa, village faisant partie du District Métropolitain de Quito, d'environ 2000 habitants, situé à l'ouest de la capitale à plus de 3000 m d'altitude. Ne bénéficiant pas de la protection de la barrière morphologique du Rucu Pichincha, la localité est exposée non seulement aux chutes de cendres, mais également aux coulées pyroclastiques (*figure 2*). Les mesures envisagées en situation d'alerte orange prévoyaient donc son évacuation. La population de Lloa, ainsi qu'une partie de son bétail ont donc été déplacés par la Défense Civile équatorienne à Quito ou à proximité. L'évacuation¹³ a duré deux semaines, déstabilisant la communauté par des conditions d'hébergement difficiles, une rupture de ses pratiques sociales et des pertes économiques liées à l'impossibilité d'exercer ses activités habituelles, essentiellement agro-pastorales¹⁴.

La deuxième mesure est vraisemblablement celle qui a fait couler le plus d'encre : la fermeture des établissements scolaires du 1^{er} et 2^{ème} degré prévue dans les plans d'urgence municipaux dans le cas d'une alerte orange. Si la fermeture des écoles a présenté un avantage indéniable en allégeant la pression sur un réseau routier urbain par ailleurs fortement sollicité (d'après l'UPGT¹⁵, 20 à 25% du trafic dans Quito est dû aux transports scolaires), plusieurs effets négatifs sont vite apparus. Il s'agit entre autres, sur le plan économique, des pertes enregistrées par les entreprises de transports collectifs d'enfants (très utilisés à Quito) et par les activités commerciales, souvent informelles, gravitant autour des écoles. Mais des effets plus généralisés ont été ressentis par l'ensemble de la population qui s'est trouvée prise au dépourvu, les parents devant s'occuper de leurs enfants (souvent trois ou quatre dans un foyer) dans un contexte de menace volcanique et ce, pour une durée indéterminée. C'est vraisemblablement cette situation très inconfortable qui a engendré le plus grand nombre de déplacements hors de la capitale, les gens qui en avaient

¹¹ Une enquête a été réalisée par les auteurs en novembre 1998, auprès de 325 personnes réparties sur 9 quartiers de Quito et la localité de Lloa. Elle avait pour objectif de connaître le point de vue de la population de Quito face à la crise engendrée par le réveil du volcan et l'alerte jaune du 1^{er} octobre. Suivant cette enquête, 30% des personnes interrogées pensaient que si le volcan entraînait en éruption, l'éruption serait de grande magnitude (éruption d'assez grande magnitude : 39%, éruption de faible magnitude : 22%, ne sait pas : 9%). Par ailleurs, 47% de l'échantillon imaginait, à l'échelle de l'agglomération, des conséquences graves pour les habitations et près de 20% la mort de nombreuses personnes (ces chiffres s'élevant respectivement à 80 et à 40% pour les secteurs du district considérés comme étant les plus exposés : Lloa et divers quartiers situés sur le versant oriental du Pichincha).

¹² El Hoy, 17/10/99.

¹³ Il s'agit de la première évacuation, car d'autres ont suivi.

¹⁴ A noter également que le bétail évacué (5000 têtes) a subi une perte de près de 15% lors des déplacements (El Hoy, 12/10/99).

¹⁵ Unidad de Planificación y Gestión de Transporte : organisme municipal chargé des transports à Quito.

la possibilité essayant de placer leurs enfants à l'abri chez des parents ou amis vivant sur la Côte ou dans les vallées orientales. Cette mobilisation, bien que non quantifiable, a engendré des répercussions sur les activités économiques et les services par un absentéisme important enregistré par de nombreuses entreprises et dans les administrations. Beaucoup de parents ont accompagné leurs enfants dans les familles d'accueil et, de manière générale, de nombreuses mères de famille sont restées avec leurs enfants que ce soit à Quito ou hors de la capitale. Cette situation difficile pour les familles a suscité de nombreuses protestations au bout de quelques jours, d'autant plus que les médias annonçaient une diminution significative de l'activité volcanique. Mais pour qu'une reprise des classes soit possible, un retour à l'alerte jaune était indispensable. Ce fut le cas le lundi 4 octobre, avec une réouverture des établissements scolaires annoncée pour le mercredi 6. Il est certain que la diminution de l'activité sismique enregistrée à partir du 2 octobre a rendu possible le retour à l'alerte jaune. Mais, en même temps, les scientifiques enregistraient un nombre de plus en plus important de chutes de blocs liées à des effondrements se produisant à partir des flancs d'un dôme volcanique en plein développement. Il est donc fort probable qu'en dépit d'indicateurs scientifiques contradictoires, en tout cas difficilement interprétables à l'époque, le maire ait cédé à la pression du public et des acteurs économiques, de plus en plus hostiles au maintien de l'alerte orange. C'est donc avec une ville placée seulement en alerte jaune que s'est produite, le 5 octobre, la première véritable éruption du Guagua Pichincha.

3. Conséquences des chutes de cendres du 5 octobre 1999

Avec l'explosion du 5 octobre à 14h09 et le début des chutes de cendres sur la capitale, une heure plus tard, c'est la matérialisation du risque qui succède à la menace et à l'incertitude. Quito n'a subi que des effets physiques de faible ampleur avec seulement 1 à 2 mm de cendres, mais leurs conséquences se sont révélées, dans certains cas, pénalisantes et révélatrices de la fragilité du système urbain quiténien.

Les effets directs des chutes de cendres ont, dans l'ensemble, été modérés. Une partie de la population a été affectée par des problèmes respiratoires entraînant plusieurs hospitalisations parmi les individus les plus fragiles, notamment les sans-abris. Le bilan humain de la chute de cendres a été évalué à 4 morts et 36 blessés, mais ce bilan est, pour l'essentiel, indirectement lié aux chutes de cendres. Il est à attribuer à plusieurs accidents occasionnés par des chutes de personnes depuis les toitures où elles tentaient de dégager les cendres : une consigne largement répétée depuis des mois en raison des risques d'effondrements en cas de cumul important

de cendres. La mesure a été suivie à la lettre par de nombreux habitants de Quito non habitués et non préparés à ce type d'exercice alors que les circonstances (faible couche de cendres) ne l'imposaient pas.

Sur le plan matériel, peu de dommages directs sont à signaler, si ce n'est ponctuellement, et ceux-ci concernent essentiellement les réseaux et infrastructures.

Le réseau d'alimentation de la ville en électricité n'a pas été directement affecté par les cendres. Cependant, les centrales thermiques locales qui assurent 10% de la couverture urbaine (le reste provenant du système d'alimentation national) ont dû interrompre leurs activités par précaution. Dans ces conditions, quelques quartiers (notamment Epiclachima et Santa Rosa) ont dû subir des coupures d'électricité de courte durée.

En matière de télécommunications, quelques problèmes ont été enregistrés localement. Les interférences liées à la présence des cendres ont, par exemple, interrompu certaines communications par radio de l'EMAAP-Q¹⁶. Les communications téléphoniques ont pour leur part été coupées durant trois heures le 6 octobre dans les deux vallées situées à l'est de Quito. Cela a été attribué à l'endommagement des relais de Cruz Loma et Atacazo par ionisation d'une atmosphère chargée en cendres lors de précipitations torrentielles déversées sur Quito le 6 octobre au matin.

Le système municipal d'alimentation en eau potable a été davantage affecté, mais, somme toute, de manière modérée en raison des mesures de protection prises durant l'alerte orange, toujours en vigueur au lendemain du retour à l'alerte jaune. Une station de traitement située au nord-ouest de la capitale a été légèrement polluée et a dû interrompre ses services durant quelques heures. Les systèmes communautaires qui concernent environ 10 à 15% de l'alimentation en eau de la ville ont, pour leur part, été plus sévèrement touchés en raison d'une protection insuffisante. Le quartier « La Comuna », par exemple, a été privé d'eau durant une semaine suite à la pollution de son système de captage. Dans ce quartier, comme dans les quartiers du nord-ouest de la ville, l'alimentation en eau par camion citerne a donc été rendue nécessaire.

Les cendres ont également affecté les voies de communication de la capitale (*figure 5*). Elles ont sensiblement perturbé le système de transport collectif dont dépendent 80% des quiténiens, et ce, jusqu'au lendemain matin. Les bus et les taxis ont rapidement cessé de fonctionner par crainte d'endommagement des moteurs et étaient pratiquement introuvables à 18 heures, soit 3 heures après le début des chutes de cendres. Des perturbations sont également à signaler dans le fonctionnement du trolleybus, l'un des principaux moyens de transports de la ville reliant les quartiers situés au sud de l'aéroport au sud de la vieille ville. Ses services

¹⁶ Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito : entreprise publique en charge de l'eau potable et des égouts du district métropolitain.

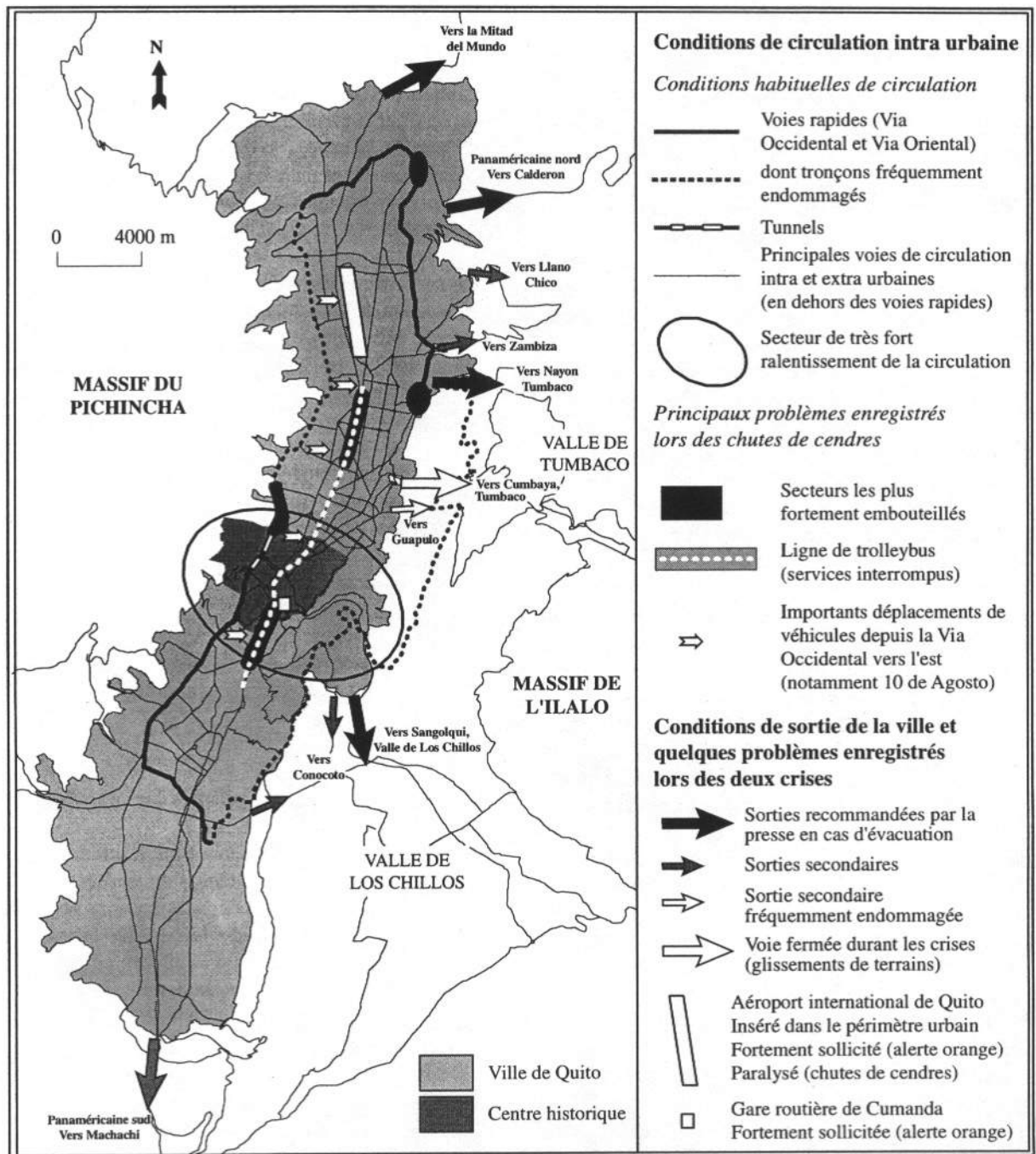


Figure 5 : Mobilité intra urbaine et sorties de la ville. Conditions habituelles et problèmes enregistrés durant la période de l'alerte orange et des chutes de cendres.

Réalisation : R. D'Ercole

furent interrompus vers 21h après que 6 trolleys eurent été endommagés par les cendres. D'après l'UPGT, le nombre d'accidents de la circulation n'a pas été supérieur à celui qui est enregistré normalement, en dépit de la volonté des automobilistes de rejoindre rapidement leurs domiciles et leurs familles. Ces derniers ont, semble-t-il, fait preuve d'une bonne maîtrise de la situation, sans céder à la panique. L'UPGT a cependant enregistré un accroissement des difficultés de circulation dans certains secteurs régulièrement embouteillés aux heures de pointe, les points de plus forte congestion du trafic (figure 5) se situant sur certaines portions des voies rapides (à

proximité du centre et au niveau des échangeurs permettant l'accès aux vallées orientales) ainsi que sur l'axe principal nord-sud (avenue 10 de Agosto et son prolongement méridional, l'avenue Maldonado). L'UPGT a également observé une tendance très nette des automobilistes à s'éloigner des axes nord-sud les plus proches du volcan (Avenida Occidental notamment) pour emprunter les axes les plus orientaux (figure 5). Ce mouvement explique, du moins partiellement, les importants embouteillages qui se sont formés sur ces derniers et plus particulièrement sur l'avenue 10 de Agosto. Ceci dit, et certainement grâce à l'absence de

transport scolaire, les difficultés de circulation ont pu être résorbées en moins de 3 heures.

Les chutes de cendres, dans l'ensemble, n'ont pas occasionné d'effets directs majeurs et la plupart des dysfonctionnements ont pu être corrigés en moins de 24 heures. En revanche, les retombées ont été à l'origine de nombreuses conséquences indirectes, l'une d'entre elles correspondant, comme cela a été signalé, aux multiples accidents lors du nettoyage des toitures. Un hôpital a dû évacuer ses patients en raison du passage de la cendre dans ses conduits d'aération. Pour sa part, le patrimoine historique de Quito a peu souffert directement des cendres, les principaux monuments étant protégés par d'immenses bâches plastique depuis la déclaration de

Ceci dit, les conséquences les plus graves, à l'échelle de la ville, sont liées à la fermeture de l'aéroport international de Quito (aéroport Mariscal Sucre) dont la piste fut recouverte par les cendres. Dans un souci de simplification, la *figure 3* indique la fermeture de l'aéroport le 5 octobre (vers 17h) et sa réouverture le 14. En fait, l'aéroport n'a pas interrompu tous ses services en permanence durant cette période. Fermé le 6 pour procéder au nettoyage des pistes, il ouvre de nouveau le 7 avant de voir ses vols annulés à la suite d'une nouvelle explosion du Pichincha. Par la suite, la DAC¹⁷ autorisa l'usage de la piste durant certaines heures de la journée et à certains types d'avions seulement (petits avions, avions à turbines hautes). Le reste du temps était consacré au nettoyage de la piste par des moyens peu sophistiqués (mise en oeuvre d'une armée de 400 balayeurs) avant de disposer de balayeuses mécaniques. Cependant, même lorsqu'elles en avaient la possibilité, la plupart des compagnies aériennes étrangères ont refusé d'atterrir à Quito en raison des risques. Certaines, comme la compagnie hollandaise KLM, ont choisi l'aéroport de Latacunga, petite ville située à 80 km au sud de Quito, pour effectuer leurs opérations. Mais la plupart (American Airlines, Continental, Iberia, Avianca...) ont préféré l'aéroport de Guayaquil, beaucoup plus distant. Ainsi, entre le 5 et le 14 octobre, de nombreux passagers ont, volontairement ou pas, été détournés vers Guayaquil avec souvent l'obligation de se rendre à Quito par leurs propres moyens, la plupart des compagnies refusant de financer le transport Guayaquil-Quito par voie terrestre.

L'aéroport a donc connu de nombreuses et incessantes perturbations durant près de 10 jours suscitant une forte gêne auprès des passagers aériens habituels et occasionnels (touristes notamment). Dans de nombreux cas, ces derniers ont dû différer ou annuler leurs déplacements, la baisse du nombre de passagers étant estimée à 25% environ par un responsable de la DAC. A cela s'ajoute une grande confusion au niveau des communications avec l'aéroport, totalement saturées, laissant les usagers ou leurs familles dans l'incapacité d'obtenir des informations. Enfin, les pertes économiques

subies par la DAC sont substantielles en raison de la paralysie du transport des passagers, mais également de marchandises. L'Equateur cultive depuis une dizaine d'années des fleurs destinées à l'exportation visant ainsi à diversifier la gamme des produits traditionnels exportés (pétrole, banane, crevettes essentiellement) insuffisamment variés et soumis à des crises liées à la variation des cours et/ou aux conditions climatiques. Ces fleurs qui représentent environ 5% des revenus à l'exportation¹⁸ sont, pour l'essentiel, cultivées autour de Quito et plus particulièrement à l'est du district métropolitain. Leur localisation, aussi près de la capitale, est principalement liée à la présence de son aéroport international. Elles sont expédiées en Europe et surtout aux Etats-Unis depuis ce dernier pour lequel elles constituent 95% des marchandises exportées. 25 vols hebdomadaires sont ainsi consacrés aux fleurs à l'aide d'avions équipés pour ce type de marchandise. Ces vols ont été interrompus durant les dix jours de paralysie de l'aéroport et les fleurs ont dû être acheminées vers l'aéroport de Guayaquil par voie terrestre. En l'absence de véhicules frigorifiques, ce sont des camions traditionnels qui ont assuré le transport dans de mauvaises conditions, réduisant ainsi très fortement la qualité habituelle du produit ainsi que sa valeur. Les pertes économiques ont donc concerné l'aéroport de Quito, mais également le circuit commercial de la floriculture équatorienne.

4. Synthèse des conséquences des deux crises

La *figure 6* présente une synthèse des conséquences de l'alerte orange et des chutes de cendres sur Quito. Elle propose, en fonction des informations recueillies jusqu'à présent, une hiérarchisation des éléments du système urbain suivant la gravité des conséquences subies ou engendrées¹⁹. Il est important de noter qu'en dépit d'événements ayant occasionné très peu de dommages physiques, la plupart des éléments du système ont réagi, plus ou moins fortement. Les conséquences les plus lourdes sont, de toute évidence, liées à l'évacuation d'une partie de la population, à la fermeture des établissements scolaires et surtout à la paralysie de l'aéroport de Quito. Ces événements ont été à l'origine d'un enchaînement de phénomènes affectant la population et les activités économiques à des titres divers, ce qui met clairement en évidence les interactions entre les différents éléments du système urbain.

Les dommages matériels liés aux chutes de cendres, à l'origine de nombreux effets indirects, concernent principalement les réseaux techniques urbains, le patrimoine construit ayant pour sa part été préservé. Ces dommages ont été peu importants. Néanmoins des perturba-

¹⁸ D'après le Banco Central del Ecuador.

¹⁹ Cette classification pourrait être remise en cause avec l'apport de nouvelles données significatives, faisant notamment l'objet de quantifications.

¹⁷ Dirección de Aviación Civil.

Éléments du système urbain ayant subi et/ou engendré les plus graves conséquences	Principaux sous-systèmes urbains concernés	Alerte orange	Cendres
Populations évacuées (Lloa)	Population		
Etablissements scolaires	Services collectifs Population Activités économiques		
Aéroport	Réseaux et infrastructures Population Activités économiques		
Éléments du système urbain ayant subi et/ou engendré des conséquences négatives modérées	Principaux sous-systèmes urbains concernés	Alerte orange	Cendres
Intégrité physique de la population	Population		
Intégrité morale de la population	Population Activités économiques		
Système d'alimentation en eau	Réseaux et infrastructures		
Transports collectifs et individuels	Réseaux et infrastructures		
Éléments du système urbain ayant subi et/ou engendré des conséquences négatives mineures	Principaux sous-systèmes urbains concernés	Alerte orange	Cendres
Télécommunications	Réseaux et infrastructures		
Réseau électrique	Réseaux et infrastructures		
Hôpitaux	Services collectifs		
Patrimoine historique	Patrimoine		
Valeurs foncières et immobilières	Patrimoine		

Figure 6 - Synthèse des conséquences de l'alerte orange et des chutes de cendres sur Quito (Cases grises : effets dans les domaines concernés)

Figure 6 : Synthèse des conséquences de l'alerte orange et des chutes de cendres sur Quito
(Cases grises : effets dans les domaines concernés)

tions ont été observées dans le domaine des télécommunications, du réseau électrique et surtout dans celui du système d'alimentation en eau potable et des transports. Des chutes de cendres un peu plus abondantes et durables auraient vraisemblablement permis d'atteindre un seuil de rupture entraînant des perturbations plus généralisées auprès des usagers, aussi bien les particuliers que les entreprises. Peut-être ce seuil de rupture aurait-il été atteint sans un certain nombre de circonstances favorables. Certaines mesures prises durant l'alerte orange, toujours en vigueur lors des chutes de cendres malgré le retour à l'alerte jaune, ont contribué à réduire certains points de faiblesses. Ce fut le cas notamment des systèmes d'eau potable municipaux qui étaient alors protégés ou de l'absence de transport scolaire qui a contribué à réduire la pression sur un réseau routier particulièrement sollicité.

Ce bilan place l'accent sur les principales conséquences des événements du mois d'octobre et sur les éléments les plus sensibles du système urbain. Mais il est possible d'aller plus loin et de tirer de ces crises quelques éléments de réflexion en termes de vulnérabilité et d'enjeux, dans la perspective de nouvelles crises qu'elles soient d'origine volcanique (le volcan est toujours en activité) ou de tout autre nature. Les pistes sont nombreuses, nous choisirons ici celles qui nous ont paru les plus significatives au vu des événements analysés et qui concernent deux domaines : la mobilité des person-

nes et des biens et le système de gestion des crises²⁰.

5. La mobilité des personnes et des biens : un maillon faible du système urbain quiténien

La mobilité des personnes et des biens, intra et interurbaine, constitue un enjeu essentiel de la ville. Toute perturbation dans ce domaine engendre des répercussions plus ou moins graves sur l'ensemble du système urbain dans la mesure où les échanges et les déplacements sont nécessaires à tous les aspects du fonctionnement et du développement de la ville. La mobilité constitue en même temps un élément-clé de la gestion des crises. La mobilité urbaine peut poser problème et ce, sans le concours d'événements exceptionnels, comme ce peut être le cas lors d'un tremblement de terre ou d'une éruption volcanique. L'analyse des problèmes habituels est essentielle car ils incorporent les germes d'une vulnérabilité qui ne peut que s'exacerber lors de la survenue de ces événements exceptionnels. Quito est un bon exemple de ville où les déplacements des biens et des personnes sont sources de difficultés permanentes²¹. En dépit d'améliorations substantielles du réseau viaire depuis le milieu des années 70, époque du boom pétrolier, les déplacements demeurent difficiles et longs en raison notamment des caractéristiques du site de la ville. La ville très allongée, sur près de 40 km, et étroite (4 à 7 km de large), coincée entre le massif du Pichincha à l'ouest et un grand escarpement de faille à l'est. Elle présente une topographie accidentée et de nombreux terrains en pente et instables. Elle est compartimentée en raison d'obstacles naturels (reliefs volcaniques résiduels comme le Panecillo, ravines ou *quebradas* des versants occidentaux sur lesquels des quartiers défavorisés se sont développés) ou d'origine humaine (centre historique aux ruelles étroites séparant très nettement le nord et le sud de la capitale, aéroport constituant une véritable barrière au nord de la ville).

²⁰ Parmi les autres pistes qui auraient pu être suivies, figure la place de Quito en tant que capitale du pays. Quelques activités spécifiques de la capitale, politiques, judiciaires et bancaires, ont été déplacées à Guayaquil lors de la déclaration de l'alerte orange (déplacement de certaines commissions parlementaires, des magistrats de la Cour Suprême de Justice et de quelques services de la Banque Centrale). Le statut de Quito n'a pas été affecté par ces mesures de courte durée. La question demeure néanmoins posée dans l'hypothèse d'une crise volcanique plus intense et durable ou dans celle d'une catastrophe de grande ampleur liée à un séisme. Le déplacement d'activités liées à la fonction de capitale, pourrait être préjudiciable à Quito, surtout si on se place dans un contexte de rivalité historique entre les deux villes. La place de Guayaquil n'a cessé de croître durant les dernières décennies et quelques personnes interrogées indiquent qu'à l'exception du patrimoine historique et culturel, il n'est rien qui ne puisse être déplacé de Quito vers Guayaquil, y compris la fonction de capitale.

²¹ Pour la question de la mobilité urbaine à Quito, voir notamment l'Atlas Infographique de Quito (IGM, IPGH, ORSTOM, 1992) ; Metzger et Bermudez (1996) ; Gomez, (1997). Les informations concernent essentiellement les déplacements de personnes. Il existe en effet très peu de données pour le transport de marchandises.

l'alerte orange. Cependant, les chutes de cendres ont prolongé le maintien du système de protection entraînant deux effets : un intérêt touristique minoré durant plusieurs semaines et un début d'attaque de certains monuments et oeuvres d'art par des moisissures liées à l'humidité et à l'absence d'aération sous les plastiques.

Le mode d'organisation de la circulation et des transports contribue largement aux problèmes vécus quotidiennement. Les déplacements de personnes sont avant tout effectués par transports collectifs (75 à 80% des déplacements) et ceux-ci sont assurés, pour la plupart (à plus de 80%), par des services de bus gérés par des coopératives privées. Ces derniers n'offrent aucune régularité d'horaire ou de fréquences, n'ont pas d'arrêts fixes et sont composés de véhicules souvent de très mauvaise qualité (80% d'entre eux ont plus de 20 ans)²². La municipalité a consenti, depuis le début des années 90, d'importants efforts pour proposer un service de transport collectif municipal digne d'une capitale. L'une des principales réalisations est l'implantation, en 1995, d'une ligne de trolleybus d'une douzaine de km sur l'un des principaux axes nord sud de la ville (avenue 10 de Agosto). Cette réalisation est très importante car elle concrétise une volonté d'implication de la municipalité dans le transport collectif urbain²³ et une inversion progressive des rapports de force entre celle-ci et les coopératives privées. D'autres lignes de transport collectif en site propre sont en construction ou en projet, mais, pour l'instant, les progrès en matière de circulation ne sont guère sensibles à l'échelle de la capitale, et ce, d'autant plus que la circulation automobile ne cesse de croître. En 1975, Quito comptait 40 000 véhicules immatriculés, ils étaient 170 000 (dont 160 000 véhicules particuliers) en 1995²⁴. Si le nombre de véhicules ramené à la population peut paraître relativement faible par rapport aux grandes villes des pays industrialisés, l'accroissement du parc automobile est très rapide et d'autant plus problématique que les aménagements du réseau viaire n'ont pas suivi à la même vitesse. Ceci explique le développement de nombreux embouteillages en certains lieux de la ville et à certaines heures. Ils sont permanents durant la journée dans le centre ou à proximité. Une bonne dizaine de points noirs ou d'axes particulièrement encombrés sont ainsi recensés par l'UPGT.

Engagés depuis une vingtaine d'années, des aménagements ont permis de limiter la congestion du trafic, plus particulièrement dans la partie centre-nord de la ville, celle qui abrite les principales activités économiques de la capitale et qui loge des classes

moyennes et aisées. Mais les améliorations ne sont que partielles : par exemple, voies rapides à l'ouest et à l'est de la ville, encore tronçonnées et souvent perturbées en raison de l'instabilité des terrains traversés ; tunnels pour traverser le centre historique mais qui débouchent sur des rues et non sur des voies de dégagement ; échangeurs et passages dont le niveau inférieur est souvent inondé lorsque se produisent des pluies torrentielles, notamment en octobre-novembre et entre les mois de janvier et de mai.

En ce qui concerne les déplacements interurbains, ils s'effectuent, pour le transport collectif, essentiellement à partir d'une gare routière centrale (Cumanda). Une dizaine de sorties de la ville, dont six principales (*figure 5*), permettent les échanges avec le reste du pays et notamment avec les extensions récentes de l'agglomération quiténienne en contrebas de l'escarpement de faille oriental (vallées de Tumbaco, Cumbaya et de Los Chillos). Quatre d'entre elles ont été considérées comme prioritaires pour procéder à une éventuelle évacuation de la ville et présentées au grand public dans le principal quotidien de Quito (*El Comercio*, 30/09/1999). Certaines de ces voies sont de bonne qualité, notamment l'autoroute entre Quito et la vallée de Los Chillos. Mais d'autres présentent des faiblesses structurelles du fait de l'instabilité des terrains. C'est le cas de la principale voie permettant d'accéder à Cumbaya depuis le centre-nord de la ville, celle-ci étant fermée à l'époque de l'alerte orange et des chutes de cendres sur Quito, et toujours inutilisable un an après. La voie alternative par Guapulo, très étroite, est souvent impraticable en raison de glissements de terrain. Si les voies routières permettant l'accès et la sortie de la capitale sont relativement nombreuses et de qualité globalement acceptable, elles ne permettent pas, en raison des distances et d'un état inégal des routes, un accès rapide avec les autres villes du pays avec lesquelles Quito effectue ses échanges et plus particulièrement avec Guayaquil. Quito a bâti des liens de complémentarité avec cette ville qui est le port principal et la plus grande ville du pays avec plus de 2 millions d'habitants. Près de 50% des échanges nationaux depuis Quito, s'effectuent avec cette ville. D'où l'importance de l'aéroport pour les déplacements de personnes (hommes d'affaires, politiques, particuliers) et de denrées périssables. Alors que le trajet nécessite 6 à 7 heures en voiture et davantage en bus, la durée de vol entre les deux métropoles est de 40 mn. Un véritable pont aérien a ainsi été mis en place entre les deux villes avec une douzaine de vols par jour. L'aéroport de Quito est, par ailleurs, l'aéroport international du pays. Il accueille la quasi totalité des vols internationaux ayant l'Equateur pour destination ou transitant par ce dernier.

L'aéroport Mariscal Sucre constitue donc une pièce essentielle du système d'échanges nationaux et internationaux aussi bien pour les personnes (près d'un

²² La situation ne peut qu'empirer en raison de la grave crise économique et sociale actuelle qui limite le renouvellement du parc.

²³ A Quito, les transports urbains ne sont une compétence municipale que depuis 1993.

²⁴ Ces chiffres sont à prendre avec précaution car tous les véhicules ne sont pas immatriculés à Quito (Metzger et Bermudez, 1996).

million et demi d'usagers en 1998) que pour les marchandises (agro-exportation, fleurs principalement). Cependant cette pièce présente des faiblesses majeures. En effet, l'aéroport n'est pas au normes internationales avec en particulier une piste trop courte (3100 m au lieu des 4100 m souhaitables). En raison de l'altitude, pour pouvoir décoller, les avions doivent réduire leur charge de près de 40%. Par ailleurs les conditions d'atterrissage sont acrobatiques en raison des reliefs qui bordent la ville et supposent une formation spécifique des pilotes. L'aéroport est donc dangereux, surtout lorsque l'on sait qu'il se situe dans le périmètre dense de la ville et que plusieurs accidents se sont déjà produits. Durant les 20 dernières années, 4 accidents ont été déplorés. Deux d'entre eux ont été particulièrement dramatiques dans la mesure où ils ont affecté les quartiers riverains de l'aéroport. En 1984, un McDonnell Douglas de la compagnie équatorienne Aeroservicios Ecuatorianos sort de la piste au décollage et détruit 25 maisons occasionnant la mort de 65 personnes (dont 4 dans l'avion). Plus récemment, en 1998, c'est un Tupolev de la compagnie Cubana de Aviación, qui, toujours au décollage, s'écrase sur un terrain de sport en plein cœur d'un quartier résidentiel, tuant une dizaine de personnes en plus de 71 passagers de l'avion. Il n'est donc pas étonnant que les compagnies aériennes internationales aient refusé d'atterrir à Quito à la suite des chutes de cendres du 5 octobre, même lorsque la DAC leur en donnait la possibilité, jugeant la piste praticable.

Les lignes qui précèdent soulignent de manière schématique les enjeux qui gravitent autour de la mobilité urbaine à Quito ainsi que les principaux points de faiblesses observables habituellement dans ce domaine. Ce n'est donc pas un hasard si la question de la mobilité s'est trouvée placée au premier plan à l'occasion des crises des mois de septembre et octobre 1999. Comme le montrent les *figures 4 et 5*, qu'il s'agisse de l'alerte orange ou des chutes de cendres, ces crises ont entraîné un accroissement des déplacements (évacuations contrôlées ou départs spontanés, mobilité liée aux achats de provisions de base), des difficultés de circulation (à proximité des centres commerciaux et des postes à essence, réintégration des domiciles durant les heures qui ont suivi les chutes de cendres), des paralysies totales (aéroport). Dans les deux premiers cas les conséquences ont été minimales, mais suffisantes pour envisager de graves difficultés en cas d'événement de plus forte magnitude rendant nécessaire l'évacuation d'un plus grand nombre de personnes, ou encore d'un événement de ce type se produisant alors que les établissements scolaires fonctionnent normalement. Les difficultés observées lors de ces crises rendent très optimiste l'idée exprimée par les ingénieurs de l'UPGT, rencontrés lors de nos entretiens, suivant laquelle la ville de Quito pourrait être évacuée en 3 ou 4 heures en cas de nécessité. La carte de la mobilité urbaine et des sorties de la ville (Figure 5) met clairement en évidence les problèmes

potentiels inhérents à une circulation habituelle à dominante nord-sud alors qu'une évacuation suppose une forte mobilité est-ouest. Il semble donc utile de tirer parti de ce constat et de l'expérience du mois d'octobre pour élaborer des scénarios de crises et de réactualiser les plans de circulation d'urgence en fonction de ces derniers.

En ce qui concerne l'aéroport, l'expérience du mois d'octobre a été mise à profit pour affronter plus efficacement les crises suivantes, en améliorant notamment les techniques de nettoyage de la piste. C'est ainsi qu'à la suite des chutes de cendres du 25 novembre, l'aéroport a pu refonctionner normalement au bout de 4 jours. Ceci dit, la vulnérabilité de l'aéroport est très forte, nous l'avons vu, et les enjeux sont très importants pour Quito. Améliorer le système de réponse à des crises du type de celles qui ont été vécues jusqu'à présent et qui sont d'ampleur modérée, ne peut être considéré que comme une solution à très court terme. Il est donc important qu'un nouvel aéroport soit construit en dehors de la ville en remplacement de l'aéroport actuel à la fois vulnérable et source de dangers. Le nouvel aéroport est prévu depuis la fin des années soixante, le lieu de son implantation a été choisi (paroisse rurale de Pifo à l'est du district métropolitain) mais le projet est sans cesse reporté²⁵. Le récent Plan Stratégique du District Métropolitain de Quito, souligne pourtant sa nécessité, en raison des contraintes de site, des risques et des enjeux économiques et politiques pour la capitale. Dans le même temps, l'évolution internationale vise au doublement, voire au triplement des aéroports dans les grandes villes. Cependant, en dépit de ce contexte, il est fort à parier que sa mise en œuvre sera encore repoussée compte tenu de la très grave crise économique, politique et sociale que connaît le pays depuis 1998²⁶.

Avec la question de la mobilité des personnes et des biens, un autre enjeu de la ville, enjeu de crise spécifique cette fois-ci, permet de tirer des enseignements en matière de vulnérabilité : le système de gestion des crises.

6. Un système de gestion des crises perfectible

En dépit des efforts consentis depuis des mois, notamment par la municipalité, pour améliorer le système de défense de Quito face à un accroissement de l'activité du Guagua Pichincha, trois principaux points faibles ont pu être mis en évidence à l'occasion des crises des mois

²⁵ Ce report n'est certainement pas dû aux seules raisons financières car d'autres projets coûteux ont vu le jour durant les dernières décennies. Des travaux de recherche seraient utiles pour comprendre les contraintes et les enjeux gravitant autour de la construction du nouvel aéroport.

²⁶ Pour les caractéristiques de cette crise qui fragilise le pays dans son ensemble, réduisant fortement sa capacité à gérer les risques et les crises, voir notamment Gallegos (2000), Gastambide (2000), Tortosa (2000).

de septembre et octobre 1999 : la gestion de l'évacuation de la population de Lloa, celle de la fermeture des établissements scolaires et, en toile de fond, la gestion des alertes.

La gestion de l'évacuation d'une partie de la population du district métropolitain (principalement celle de Lloa) n'a pas été aussi problématique que celle qui mobilisait au même moment la province du Tungurahua²⁷. Les conditions de vie de plus de 2000 personnes ont cependant été bouleversées depuis le réveil du Guagua Pichincha. Lors de l'alerte orange et des premières chutes de cendres, la plupart des habitants de Lloa ont été évacués et logés dans quelques collèges du sud de Quito, vivant dans des conditions difficiles, notamment sur le plan sanitaire. Les collèges devant être réutilisés par les élèves avec la reprise des classes le 8 octobre, il leur a fallu déménager (El Hoy, 12/10/1999). Par la suite, ils ont été hébergés dans la localité de El Cinto entre la ville de Quito et la paroisse de Lloa, l'un des objectifs étant de permettre aux réfugiés d'accéder à Lloa une partie de la journée suivant le comportement du volcan. Plusieurs centaines de personnes ont été installées par la Défense Civile et la Croix Rouge dans des tentes de 4 m², soumises à l'humidité et au froid nocturne et abritant jusqu'à 5 personnes. D'autres ont été placées dans l'église et deux maisons de la localité, mais les conditions n'étaient guère plus satisfaisantes. Nous avons, par exemple, pu voir une pièce de 6 m sur 10 dans laquelle vivaient 28 personnes. Les conditions sanitaires étaient déficientes, l'éducation des enfants n'était plus assurée, l'inquiétude était forte vis-à-vis des biens et des terres abandonnées et l'incertitude grande vis-à-vis de l'avenir. "La nourriture ne nous manque pas, mais nous voulons rentrer chez nous ; nous n'avons aucune autre aide que la nourriture" signale une réfugiée, résumant à sa manière la situation vécue.

Cette situation, quoique très difficile à vivre, n'était pas pire que celles que l'on peut rencontrer dans la plupart des camps de réfugiés du monde. La population de Lloa aurait cependant pu escompter de meilleures conditions d'évacuation et d'hébergement compte tenu du temps laissé aux autorités, par le volcan, pour se préparer. Par ailleurs, la difficulté à gérer l'évacuation de 2000 personnes constitue un fait inquiétant pour l'avenir. Les plans de contingence n'envisagent pas l'évacuation totale de la ville de Quito. En revanche, les habitants des secteurs les plus exposés (plusieurs milliers de personnes vivant à proximité des *quebradas* pouvant acheminer les lahars) sont susceptibles d'être déplacés dans l'hypothèse d'une activité accrue du Guagua Pichincha. Il est donc légitime de se demander dans quelles conditions l'opération serait réalisée si l'expérience vécue par la population de Lloa n'est pas mise à profit pour

procéder à une planification efficace des modes d'hébergement et des transport.

Les conséquences de la fermeture des établissements scolaires ont été analysées. De même, il a été suggéré le rôle possible de ces conséquences sur un retour rapide à l'alerte jaune alors que les indicateurs scientifiques ne permettaient pas une interprétation rassurante du comportement du volcan. Nous ne reviendrons pas sur ces questions si ce n'est pour placer l'accent sur un point faible du système de gestion des établissements scolaires. Il s'agit d'une certaine déresponsabilisation du système éducatif en période de crise, la prise en charge des enfants devant être assurée par les familles. C'est suivant cette logique que l'alerte orange a été déclarée à 19h30 le 27 septembre alors que tous les enfants avaient réintégré leur domicile. Et pourtant, les conditions scientifiques d'une alerte orange étaient réunies bien plus tôt dans la journée. Ce constat pose la question d'un phénomène dangereux se produisant alors que les établissements scolaires fonctionnent normalement. Faute de préparation adéquate, ces derniers seraient en peine d'affronter efficacement la situation. De plus, il n'est pas difficile d'imaginer le comportement des parents soucieux de récupérer leurs enfants et la confusion qui s'ensuivrait (abandons des postes de travail, congestion de la circulation, accidents, gêne aux opérations de secours, etc.). Une réflexion semble donc devoir être menée pour une meilleure préparation et une véritable responsabilisation des établissements scolaires en cas de crise. En France, la consigne donnée aux parents est de ne pas se rendre dans les écoles en cas d'événement majeur, ces dernières prenant en charge les enfants, avec l'aide des organismes de secours. Il s'agit là de comportements évidemment difficiles à faire respecter, supposant une véritable préparation des écoles, une solide sensibilisation des parents et une confiance réciproque. Ces conditions sont difficiles à réunir en France, elles le sont bien davantage en Equateur. La question mérite néanmoins d'être posée.

Le thème de la gestion des alertes se place en toile de fond du système de gestion des crises dans la mesure où il concerne l'ensemble des composantes du système urbain. La grille d'alerte adoptée dès le début de la crise, en octobre 1998, s'est révélée totalement inadaptée lors des événements de septembre et octobre 1999. De nombreuses situations incohérentes ont ainsi pu être observées. La première éruption s'est produite alors que l'alerte était de couleur jaune (elle aurait théoriquement dû être rouge) et c'est encore en alerte jaune que les établissements scolaires étaient fermés du 4 au 7 octobre (les plans de contingence prévoyant leur fermeture seulement en alerte orange). L'aéroport a, toujours en alerte jaune, dû mettre en oeuvre des mesures prévues en alerte rouge. On peut aussi noter que du fait du retour à l'alerte jaune, plusieurs organismes étaient en train de retirer les protections contre les cendres mises en place

²⁷ Le volcan Tungurahua, situé à 150 km au sud de Quito, était aussi en activité depuis le début du mois de septembre 1999 ce qui a rendu nécessaire l'évacuation de plus de 10 000 personnes dont les habitants de la ville touristique et thermale de Baños.

lors du passage à l'alerte orange, juste au moment où se sont produites les chutes de cendres du 5 octobre. Bref, une situation confuse pour la population, les administrations et les entreprises dont les consignes à suivre, en fonction de la couleur de l'alerte, n'étaient pas en adéquation avec les nécessités du moment. D'où de nombreuses adaptations et improvisations qui ont rendu impossible une véritable action coordonnée de la part de la municipalité.

Cette situation s'explique par un système d'alerte à l'origine fondé sur les seuls critères scientifiques, en d'autres termes sur le comportement du volcan, et non sur les conséquences attendues de son activité. Elle s'explique en même temps par des interprétations différentes du concept d'éruption. Le Guagua Pichincha était effectivement en éruption le 5 octobre, dans la mesure où l'activité était devenue magmatique, mais les effets furent de bien moindre ampleur que ce que l'on pouvait escompter d'une éruption, un an plus tôt. La solution semble consister à différencier spatialement les niveaux d'alerte en fonction des conséquences attendues, la nature des aléas et le degré du risque étant variables selon le lieu comme l'indique la carte des aléas volcaniques (*figure 2*). C'est cette voie que la municipalité, de manière pragmatique, a commencé à suivre en distinguant la paroisse de Lloa du reste de l'agglomération. Cependant, ce processus d'adaptation du système d'alerte est seulement engagé et surtout, il n'a pas fait l'objet d'une reformulation claire auprès de la population et des collectivités. La situation risque d'être encore plus confuse dans l'hypothèse d'une éruption de plus grande magnitude affectant de manière différentielle la capitale équatorienne et mettant en péril plus particulièrement le secteur des *quebradas*. La révision des plans de contingence et leur reformulation suivant un nouveau système d'alerte paraît donc indispensable faute de compromettre définitivement la crédibilité des gestionnaires de la crise. Or, comme le soulignent la plupart des retours d'expériences de crises, la crédibilité et la confiance constituent des pièces essentielles pour une gestion réussie des situations d'urgence.

Conclusions

Les événements des mois de septembre et octobre 1999, relativement mineurs, à première vue, ont révélé la fragilité de la capitale équatorienne. Les conséquences directes et surtout indirectes ont été nombreuses et les principales ont été liées à l'évacuation d'une petite partie de la population du district métropolitain, à la fermeture des établissements scolaires et à l'interruption des activités aéroportuaires. La mobilité des personnes et des biens constitue un enjeu essentiel de la ville et s'avère particulièrement vulnérable. Celle-ci s'est trouvée au premier plan lors des crises et certains dysfonctionnements déjà visibles en période normale

ont rapidement pris une plus grande dimension. Pour sa part, le système de gestion des crises, largement municipalisé, traduit une difficulté certaine des autorités à s'adapter à l'évolution de l'activité volcanique, bien que celle-ci soit lente, ce qui entame peu à peu une crédibilité politique difficilement acquise. La gestion inadaptée des alertes, concernant tous les domaines du système urbain, en est largement responsable.

Pour le chercheur, l'étude confirme l'intérêt des analyses en retour d'événements relativement mineurs. A partir de l'analyse de leurs conséquences, ils sont révélateurs d'enjeux de la ville, d'éléments vulnérables, de facteurs de vulnérabilité et, de manière plus générale, du fonctionnement du système urbain. Les informations obtenues constituent des bases pour des approches de type probabiliste portant sur des événements de plus grande ampleur que ceux qui ont été analysés ou liés à des aléas différents. Des pistes de recherche complémentaires peuvent être lancées comme celles qui touchent aux seuils de rupture. La question de ces seuils qui marquent le passage entre des conséquences de faible intensité et/ou ponctuelles, affectant modérément le système urbain, et des conséquences beaucoup plus graves et/ou généralisées, est essentielle. Ce seuil n'a pas été atteint à Quito depuis le réveil du Guagua Pichincha en 1998. On en était encore loin dans le domaine des réseaux techniques, par exemple, mais il a certainement été approché avec la paralysie de l'aéroport en octobre 1999.

Si les retours d'expériences s'avèrent particulièrement utiles pour le chercheur et pour les personnes impliquées dans la gestion des risques et des crises, il est, à la base, indispensable de constituer une mémoire des événements ayant engendré des crises, quelle que soit leur intensité. L'une des principales difficultés concernant la présente étude, fut la rareté de la documentation écrite produite par les différentes institutions concernées, au lendemain des événements analysés ci-dessus, et l'absence de tout essai de synthèse. C'est pourquoi les entretiens se sont avérés incontournables à la suite d'une revue de presse préalable. Ce constat souligne l'intérêt de l'implication des institutions, notamment municipales, dans la constitution d'un corpus de données écrites et/ou consignées dans une base de données. L'élaboration de cette mémoire constitue, en effet, une des conditions essentielles de la réduction des risques à Quito.

Bibliographie

- BARBERI F., GHIGLIOTTI M., MACEDONIO G., ORELLANA H., PARESCHI M.T., ROSI M., 1992, Volcanic hazard assessment of Guagua Pichincha (Ecuador) based on past behaviour and numerical models. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 49, p.53-68.

- CODIGEM, 1994, *Mitigación del riesgo volcánico en el área metropolitana de Quito*. Informe Final, INEMIN - GEOTERMICA ITALIANA, Quito, Ecuador, 78 p. + annexes.
- EPN – MDMQ, 1998, Simulación de los flujos secundarios de lodo en las laderas orientales del volcán Guagua Pichincha. Informe n° 2.
- GALLEGOS F. R., 2000, Equateur : la crise de l'Etat et du modèle néolibéral de développement. *Problèmes d'Amérique latine*, n°36, janvier-mars 2000, p.77-88.
- GASTAMBIDE A., 2000, Equateur : de la crise bancaire de 1998 à la crise politique de 2000. *Problèmes d'Amérique latine*, n°36, janvier-mars 2000, p.61-76.
- GOMEZ N., 1997, *Pasado y presente de la Ciudad de Quito*. EDIGUIAS C. Ltda, Quito, Ecuador, 176 p.
- HALL M.L. & VON HILLEBRANDT, C., 1988, *Mapa de los peligros volcánicos asociados con el volcán Guagua Pichincha, Provincia de Pichincha*. Publicado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional como parte del Proyecto UNDRO-USAID-EPN.
- IGM, IPGH, ORSTOM, 1992, *Atlas infographique de Quito : socio-dynamique de l'espace et politique urbaine*. 41 planches bilingue (espagnol, français), tabl., graph., bibliogr. ; 29,7 x 42., ORSTOM, Paris.
- METZGER P. & BERMUDEZ N., 1996, *El medio ambiente urbano en Quito*. Dirección General de Planificación, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, ORSTOM, 186 p.
- METZGER P., D'ERCOLER. & SIERRA A., 1999a, Enjeux et incertitudes dans la gestion du risque volcanique. Le cas de l'alerte jaune à Quito en octobre 1998. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n° 83-84, p.177-184.
- METZGER P., D'ERCOLE R. & SIERRA A., 1999b, Political and scientific uncertainties in the volcanic risk management : the yellow alert in Quito in October 1998 - *GeoJournal*, vol. 49, issue 2, p.213-221.
- PELTRE P., 1994, Tentative de modélisation des lahars induits à Quito (Equateur) par une éruption cendreuse du volcán Pichincha. *Revue de Géographie Alpine*, n°4, Tome LXXXII, p. 59-70.
- ROBIN C., 1998, Une éruption de magnitude moyenne au volcán Pichincha : impact sur la ville de Quito - Rapport rédigé à la demande de l'Ambassadeur de France à Quito.
- SIERRA A., 2000, Gestion et enjeux des espaces à risque d'origine naturelle : l'exemple des versants et des quebradas de Quito, Equateur. Thèse de doctorat en géographie, Université de Paris VIII, 326 p.
- TORTOSA J.M., 2000, De l'agitation sociale au coup d'état avorté : l'Equateur en éruption. *Le Monde Diplomatique*, mars 2000, p.19.

CAHIERS SAVOISIENS DE GÉOGRAPHIE



**LA GÉOGRAPHIE DES RISQUES DITS « NATURELS »
ENTRE GÉOGRAPHIE FONDAMENTALE
ET GÉOGRAPHIE APPLIQUÉE**

SOMMAIRE / CONTENTS

1^{re} PARTIE : MÉTHODOLOGIE D'IDENTIFICATION ET D'ANALYSE D'ESPACES A RISQUE

1st PART : IDENTIFICATION AND ANALYSIS METHODOLOGY OF RISK AREAS

De l'intérêt de la démarche phénoménologique en géographie des risques

Interest of phenomenological approach in risk geography

Patrick PIGEON 11

Le système urbain niçois face à un séisme : analyse des enjeux et dysfonctionnements potentiels

Nice urban system in the event of an earthquake : stakes and possible disruptions analysis

Céline LUTOFF 17

L'évaluation du risque à l'échelle internationale

Méthodologie et application aux diagnostics préalables aux actions de préparation
et de prévention des catastrophes

Risk evaluation at the international scale

Methodology and application to diagnostics prior to disaster preparedness and prevention measures

Robert D'ERCOLE et Patrick PIGEON

Contribution de Claudine MISSON 29

2^e PARTIE : IMPLICATIONS TERRITORIALES DE LA GESTION DES CRISES

2nd PART : TERRITORIAL IMPLICATIONS OF CRISIS MANAGEMENT

La vulnérabilité de Quito (Equateur) face à l'activité du Guagua Pichincha

Les premières leçons d'une crise volcanique durable

Quito's vulnerability in dealing with Guagua Pichincha restlessness : First lessons of a lasting volcanic crisis

Robert D'ERCOLE et Pascale METZGER 39

Implications territoriales de l'éruption du Mont Pinatubo pour la minorité autochtone aeta

Cas des bassins-versants des rivières Pasig et Sacobia (provinces de Pampanga et Tarlac, Philippines)

Territorial implications of the Mount Pinatubo eruption for the Aeta ethnic minority

Case of Pasig and Sacobia river basins (Provinces of Pampanga and Tarlac, Philippines)

Jean-Christophe GAILLARD, Frédéric LEONE 53

L'activité touristique face au risque cyclonique en « Guadeloupe Continentale » :

Approche de la vulnérabilité d'un secteur économique

The tourist activity facing typhoon risk in « Continental Guadeloupe »

Vulnerability approach of an economic sector

Maud LEREIN 69

3^e PARTIE : GESTION DES RISQUES ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

3rd PART : RISK MANAGEMENT AND LAND USE PLANNING

Aléas et risques dans un espace naturel : le cas du parc national des Lacs Waterton

(Alberta, Rocheuses canadiennes)

Hazards and risk in a protected area : case of Waterton Lakes National Park (Alberta, Canadian Rockies)

Stéphane HERITIER 83

Gestion des risques et développement métropolitain : l'exemple de la forêt de l'Hautil (Ile-de-France)

Risk management and metropolitan development : case of Hautil woods (Ile-de-France)

Patrick PIGEON 97

L'Autoroute de Maurienne (A 43) et la prise en compte des risques naturels

The Maurienne Highway (A43) and natural hazards consideration

Alain MARNEZY et Catherine PLA 107